

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

**Томчишин Андрій Юрійович**

*УДК 612.7:519.218*

**МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ РОЗБІРЛИВОСТІ МОВИ ДЛЯ ЗАДАЧ  
ЦИФРОВОЇ ТЕЛЕФОНІЇ**

163 – Біомедична інженерія

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль – 2018

Роботу виконано на кафедрі біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук,  
доцент кафедри біотехнічних систем  
**Шадріна Галина Михайлівна,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,

**Рецензент:**

Захист відбудеться 28 грудня 2018 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №22 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-507.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** У будь-якому виробничому процесі необхідним є, по-перше, вміння оцінити якість продукції, що випускається і, по-друге, наявність вимірювальної апаратури для проведення такого оцінювання. В рівній мірі це відноситься до виробництва і проектування апаратури для передачі мовних сигналів (слухових апаратів, телефонних апаратів, гучномовних установок, різного роду електричної апаратури спеціального призначення).

Основним якісним показником такої апаратури є якість передачі мови при експлуатації її користувачами. На сьогодні, апаратуру для передачі мовних сигналів розраховують під задану або максимально можливу в даних умовах якість передачі, яка може бути виміряна і виражена в певних вимірювальних одиницях. Задачі кількісного вимірювання якості передачі мови притаманні недоліки, які визначаються тим, що кінцевими ланками будь-якої системи для передачі мови є люди (які використовують цю апаратуру для того, щоб розмовляти або слухати). Тому якість мовлення, що передається в канал зв'язку, залежить не тільки від досконалості апаратури, встановленої на передавальному кінці тракту, але і від властивостей голосового апарату дикторів, а якість прийому, крім усього іншого, залежить також від властивостей слуху користувачів.

Відомо, що мовні особливості і властивості слуху не тільки різні в різних людей, але для однієї і тієї ж людини володіють значною мінливістю і коливаються в залежності від впливу зовнішніх факторів і внутрішнього психо-фізіологічного стану. При цьому, сам мовний сигнал і комбінації чинників, які впливають на його сприйняття, настільки різноманітні, що необхідним є розроблення статистичних методів вимірювання, які дадуть можливість отримати стійкі оцінки якості мовного сигналу (переданого чи прийнятого).

В роботі проводиться розроблення методу оцінювання розбірливості мови.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є розроблення методу оцінювання розбірливості мови в цифровій телефонії. Досягнення поставленої мети здійснюється вирішенням наступних основних завдань:

- аналіз літературних джерел за тематикою дослідження;
- аналіз методів оцінювання розбірливості мови та формування вимог до нового методу;
- розроблення методу оцінювання розбірливості мови;
- обґрунтування структури системи оцінювання розбірливості мови;
- експериментальне оцінювання розбірливості мови.

*Об'єкт дослідження:* процес оцінювання розбірливості мови.

*Предмет дослідження:* метод оцінювання розбірливості мови з використанням маскуючи шумів.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Запропоновано метод оцінювання розбірливості мови, який полягає в порівнянні інтенсивностей переданого по каналу зв'язку мовного сигналу та забарвлених шумів – білого, рожевого і коричневого і в порівнянні парціальних відношень дисперсій таких сигналів при попусканні їх через гребінки октавних фільтрів.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблений метод може бути використаний при проектуванні автоматизованих систем оцінювання розбірливості мови.

**Апробація результатів.** За матеріалами кваліфікаційної роботи магістра опубліковано тези доповідей на VII міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» ТНТУ ім. І. Пулюя, 2018 рік.

**Структура та обсяг.** Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 111 сторінках, списку використаних джерел з 19 назв на 2 сторінках, додатків на 11 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 126 сторінок.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях і семінарах.

**У першому розділі** «Задача оцінювання розбірливості мови» проаналізовано мовний сигнал, як засіб обміну інформацією. Розглянуто питання функціонування та організації систем цифрової телефонії, в якій саме мовний сигнал є переносником інформації.

Встановлено, що центральною проблемою будь-яких цифрових систем є їх швидкодія, яка досягається у випадку цифрової телефонії або удосконаленням апаратної частини прийому/передачі цифрових сигналів, або зменшенням обсягів даних, що передаються в мережі передачі. Другий спосіб є перспективним і передбачає застосування систем кодування мовних сигналів – вокодерів. Також встановлено, що мовний сигнал за допомогою вокодера може бути стиснутий в 8-10 разів.

Однак, в різних точках вздовж маршруту передачі додаткові випадкові шуми спотворюють сигнал, так що сигнал на вході приймача відрізняється від переданого сигналу. Крім того актуальним є питання оцінювання якості відновленого на виході вокодера мовного сигналу, оскільки від цього показника буде залежати достовірність отриманої інформації.

Для оцінювання якості отриманої на приймальній стороні мови та тестування самих каналів зв'язку і їх структурних елементів використовують спосіб, що полягає у визначенні кількісного показника розбірливості мови.

Розбірливість (чіткість) - це відношення числа правильно прийнятих елементів мови до загальної кількості переданих елементів. Так як в якості елементів приймають звуки, склади, слова і фрази відповідно розрізняють звукову, складову, словесну, фразову, смислову і формантну розбірливість.

Встановлено, що для кожної національної мови всі види розбірливості: звукова - D, складова - S, словесна - W і фразова - J пов'язані один з одним однозначними функціональними залежностями виду  $S = f(D)$ ,  $W = f(S)$ ,  $J = f(W)$ , які залишаються незмінними для будь-яких умов передачі на реально існуючих трактах. З факту наявності однозначних залежностей для таких видів розбірливості,

як D, S, W, J, які піддаються безпосередньому виміру за допомогою артикуляційних таблиць, можна зробити наступний висновок: вимірювання з різними видами таблиць зовсім не доповнюють один одного, а просто є еквівалентами один одному. Це означає, що немає необхідності вимірювати всі види розбірливості. Досить виміряти тільки одну якусь із цих величин, а інші можуть бути отримані за відповідними співвідношенням або графіками.

**У другому розділі** «Методи оцінювання розбірливості мови» проведено аналіз методів вимірювання розбірливості мови, зокрема суб'єктивних та об'єктивних.

Відмінності об'єктивних методів від суб'єктивних полягають в людському факторі, а точніше в його відсутності, так як для вимірювань використовують штучний голос, рот і вухо.

У випадку застосування об'єктивного методу на приймальному кінці випробуваного тракту створюється рівень шуму, що відповідає умовам роботи. Далі вимірюється рівень шуму на виході штучного вуха в критичній смузі частот слуху, при цьому середня частота цієї смуги дорівнює частоті вимірювального тону. Цей рівень шуму обов'язково потрібно зафіксувати. Після цього замість шуму на вхід тракту подають звуковий сигнал. Рівень інтенсивності звуку на мікрофоні береться таким, щоб розподіл звукових тисків відповідав кривій спектру формант. Далі за допомогою регулювання загасання домагаються, щоб рівень тонального сигналу на виході тракту став рівним зафіксованому раніше рівню шуму. Покази регулятора загасання - результат вимірювання.

Також розглянуто формантний та модуляційний підходи до оцінювання розбірливості мови.

**У третьому розділі** «Моделювання елементів методики оцінювання розбірливості мови» розглянуто питання відбору мовних сигналів та структуру тракту передачі мови.

Проведемо обґрунтування схем та текстів програм для задач: синтезу адитивної суміші шумів і мовних сигналів з необхідним співвідношенням сигнал-шум і з необхідним забарвленням шуму; аналізу розбірливості мови даного диктора по конкретним зразкам мовного сигналу і шуму.

Крім того, ці ж схеми і програми можна використовувати в якості зручного тренажера перед практичним вимірюванням розбірливості мови в «польових» умовах.

Розглянуто особливості формування адитивної суміші мовного сигналу з шумом, проведено моделювання вимірювання відношення сигнал-шум в парціальних каналах, оцінювання артикуляційної і словесної розбірливості мови.

**У четвертому розділі** «Моделювання системи розрахунку розбірливості мови» запропоновано структуру системи оцінювання розбірливості мови та запропоновано етапи експлуатації такої системи, що включають: формування маскуючого шуму із заданою забарвленістю (білий, рожевий, коричневий і т.п.); формування суміші мовного сигналу і маскуючого шуму  $n(t)$  із заданим інтегральним відношенням сигнал-шум; багатоканальну фільтрацію мовного сигналу і таку ж фільтрацію шуму, з подальшим вимірюванням парціальних відношень сигнал-шум в октавних смугах частот; вимірювання

розбірливості мови - вихідними даними при цьому є результати вимірювань парціальних відношен сигнал-шум в октавних смугах частот.

Проведено моделювання гребінки фільтрів, генерування забарвленого шуму, формування адитивної суміші сигналу з шумом із заданим інтегральним співвідношенням сигнал-шум, розрахунок залежності розбірливості мови від відношення сигнал-шум

**У п'ятому розділі** «Спеціальна частина» описано методику проведення медико-біологічних досліджень та проведено обґрунтування вибору УДК на пряму наукового дослідження.

**У шостому розділі** «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 42147,2 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

**У сьомому розділі** «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто вимоги охорони праці під час роботи з персональним комп'ютером. Дії персоналу підприємства при виникненні надзвичайних ситуацій. Надзвичайні ситуації природного характеру. Геологічні ситуації. До лікарську допомогу при задусі, утопленні, заваленні землею

**У восьмому розділі** «Екологія» розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, шкідливий вплив на довкілля при виготовленні апарату, заходи охорони довкілля при промислових процесах.

## ВИСНОВКИ

В роботі вирішено актуальну задачу розроблення методу оцінювання розбірливості мови для задач цифрової телефонії. При цьому отримано наступні результати:

1. проведено огляд літературних джерел за тематикою дослідження.
2. Встановлено, що центральною проблемою будь-яких цифрових систем є їх швидкодія, яка досягається у випадку цифрової телефонії або удосконаленням апаратної частини прийому/передачі цифрових сигналів, або зменшенням обсягів даних, що передаються в мережі передачі. Другий спосіб є перспективним і передбачає застосування систем кодування мовних сигналів – вокодерів. Однак, в різних точках вздовж маршруту передачі додаткові випадкові шуми спотворюють сигнал, так що сигнал на вході приймача відрізняється від переданого сигналу. Для оцінювання якості отриманої на приймальній стороні мови та тестування самих каналів зв'язку і їх структурних елементів використовують спосіб, що полягає у визначенні кількісного показника розбірливості мови, що є відношенням числа правильно прийнятих елементів мови до загальної кількості переданих елементів.

3. Проведено аналіз методів вимірювання розбірливості мови, зокрема суб'єктивних та об'єктивних.

4. Запропоновано метод, відповідно до якого на приймальному кінці випробуваного тракту створюється рівень шуму, що відповідає умовам роботи. Далі вимірюється рівень шуму на виході штучного вуха в критичній смузі частот слуху, при цьому середня частота цієї смуги дорівнює частоті вимірювального тону. Цей рівень шуму обов'язково потрібно зафіксувати. Після цього замість шуму на вхід тракту подають звуковий сигнал. Рівень інтенсивності звуку на мікрофоні береться таким, щоб розподіл звукових тисків відповідав кривій спектру формант. Далі за допомогою регулювання загасання домагаються, щоб рівень тонального сигналу на виході тракту став рівним зафіксованому раніше рівню шуму. Покази регулятора загасання - результат вимірювання.

5. Проведено обґрунтування схем та текстів програм для задач: синтезу адитивної суміші шумів і мовних сигналів з необхідним співвідношенням сигнал-шум і з необхідним забарвленням шуму; аналізу розбірливості мови даного диктора по конкретним зразкам мовного сигналу і шуму.

6. Запропоновано структуру системи оцінювання розбірливості мови та запропоновано етапи експлуатації такої системи, що включають: формування маскуючого шуму із заданою забарвленістю (білий, рожевий, коричневий і т.п.); формування суміші мовного сигналу і маскуючого шуму із заданим інтегральним відношенням сигнал-шум; багатоканальну фільтрацію мовного сигналу і таку ж фільтрацію шуму, з подальшим вимірюванням парціальних відношень сигнал-шум в октавних смугах частот; вимірювання розбірливості мови - вихідними даними при цьому є результати вимірювань парціальних відношень сигнал-шум в октавних смугах частот.

7. Проведено моделювання гребінки фільтрів, генерування забарвленого шуму, формування адитивної суміші сигналу з шумом із заданим інтегральним співвідношенням сигнал-шум, розрахунок залежності розбірливості мови від відношення сигнал-шум

## ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Томчишин А.Ю. Задача оцінювання розбірливості мови / М.З. Ольховецький, А.Ю. Томчишин, Я.О. Вислоцький, В.Г. Дозорський // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 28-29 листопада 2018 року. – Т2.: ТНТУ, 2018. – С. 136

## АНОТАЦІЯ

Томчишин А.Ю. Метод оцінювання розбірливості мови для задач цифрової телефонії. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університети імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Кваліфікаційну роботу магістра присвячено розробленню методу оцінювання розбірливості мови, що полягає в формуванні маскуючого шуму, формуванні суміші мовного сигналу і маскуючого шуму із заданим відношенням сигнал-шум, багатоканальну фільтрацію мовного сигналу і таку ж фільтрацію шуму, з подальшим вимірюванням парціальних відношень сигнал-шум в октавних смугах частот, вимірювання розбірливості мови.

Ключові слова: розбірливість мови, мовний сигнал, артикуляційний метод.

## **ABSTRACT**

Tomchyshyn A.Yu. The method of the speech legibility evaluation for the digital telephony tasks. - Manuscript. Qualifying Work, Ivan Puluj Ternopil National Technical University, Ternopil, 2018.

The qualification work is devoted to the development of a method for assessing the legibility of a language, consisting of the formation of masking noise, the formation of a mixture of speech signal and masking noise with a given signal-to-noise ratio, multichannel filtration of speech signal and the same noise filtration, followed by measurement of signal-noise parity relations in octave frequency bands, measurement of legibility of speech.

Key words: legibility of speech, speech signal, articulation method.